

# **ИЗМЕНЕНИЕ МИКРОСТРУКТУРЫ ПРИ РАВНОКАНАЛЬНОМ УГЛОВЫМ ПРЕССОВАНИИ УГЛЕРОДИСТЫХ КОНСТРУКЦИОННЫХ СТАЛЕЙ С ТОНКОПЛАСТИНЧАТЫМ СТРОЕНИЕМ ПЕРЛИТА В ИСХОДНОЙ СТРУКТУРЕ**

**Никитенко О.А., Ефимова Ю.Ю.**

*Руководитель - доцент, к.т.н. Копцева Н.В.*

ГОУ ВПО «Магнитогорский технический университет им. Г.И. Носова»,  
Магнитогорск,  
e-mail: [olganikitenko@list.ru](mailto:olganikitenko@list.ru)

В последнее время значительное внимание металловедов уделяется исследованию материалов, наноструктурированных методом равноканального углового прессования (РКУП). В то же время, данных о поведении структуры при этом способе обработки углеродистых конструкционных сталей с феррито-перлитной структурой практически отсутствуют. Между тем, использование метода РКУП позволяет достигать высокого уровня механических свойств низко- и среднеуглеродистых сталей, что является весьма перспективным.

Целью настоящей работы является исследование изменения микроструктуры и твердости углеродистых конструкционных феррито-перлитных сталей в процессе РКУП.

В качестве модельного материала были выбрана сталь марок 20 и 45. При осуществлении РКУП заготовка с круглым сечением диаметром 20 мм и длиной 120 мм продавливалась через специальную оснастку в виде двух пересекающихся под углом 120° каналов с одинаковыми сечениями \*. РКУП проводилось при температуре, составляющей около 0,3-0,4 от температуры плавления стали марок 20 и 45 и равной 400 °С, количество проходов – 1, 2, 3, 4 и 8 с поворотом образца вокруг продольной оси на 90° после каждого прохода.

Качественный и количественный микроанализ проводился на микроскопе «ЭПИКВАНТ» при увеличениях от 50 до 1000 крат с использованием системы компьютерного анализа изображений SIAMS-600. Растровый электронно-микроскопический анализ осуществлялся с помощью микроскопа JSM-6490LV при ускоряющем напряжении 30 кВ в режимах вторичных и отраженных электронов при увеличениях от 30 до 50000 крат. Твердость измерялась методом вдавливания алмазной пирамиды в соответствии с ГОСТ 9475-60 на твердомере ПМТ-3. Световая и растровая микроскопия показала, что при увеличении числа проходов с увеличением степени добавочной деформации уменьшается межпластиночное расстояние до 120-690 нм (до РКУП оно составляло 250-900 нм). При этом основное уменьшение межпластинчатого расстояния в перлите происходит при количестве проходов от 1 до 3, а при дальнейшем увеличении числа проходов практически не меняется (рис. 1). В процессе РКУП в перлите образуются полосы изгиба, происходит частичное растворение цементита и процессы динамической сфероидизации.

---

\* Процесс РКУП реализовывался в условиях Института перспективных материалов ГОУ ВПО «Уфимский государственный авиационный технический университет»

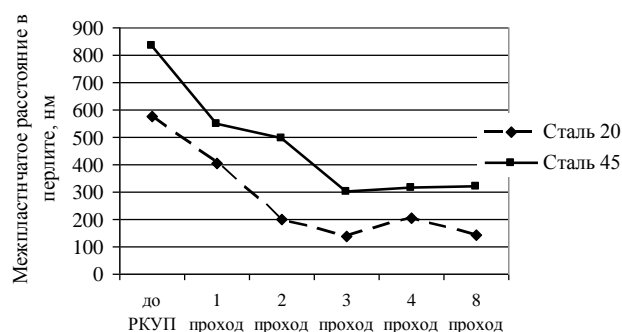


Рис. 1. Изменение межпластинчатого расстояния в перлите в процессе РКУП стали марок 20 и 45

Происходит вытягивание зерен феррита в направлении деформации сдвига с образованием вытянутой волокнистой структуры. Толщина волокон (деформационных полос), которые формируются и в стали 20, и в стали 45 после 1 прохода, уменьшается только после 2-го прохода, оставаясь при дальнейших проходах практически неизменной.

В феррите наблюдается образование фрагментов с большеугловыми границами (фрагментация) (рис. 2, 3). При этом размер фрагментов ферритной матрицы, образующихся в процессе РКУП, в стали 45 практически не меняется при увеличении числа проходов. И, напротив, в стали 20 размер фрагментов ферритной матрицы уменьшается от 570 до 400 нм по мере увеличения числа проходов с 1 до 4 и только после восьми проходов практически не изменяется. Это позволяет сделать вывод, что процессы фрагментации феррита в стали с более высоким содержанием углерода осложнены.

Благодаря интенсивному диспергированию структурных элементов, РКУП во всех случаях обеспечивает увеличение твердости углеродистых конструкционных сталей марок 20 и 45 с феррито-перлитной структурой. Наибольший прирост твердости наблюдается в центре сечения: в стали 20 – до 61 %, в стали 45 – до 54 %, а на поверхности – 20 и 38 %, соответственно. При этом основное увеличение твердости обеспечивает первый проход при РКУП.

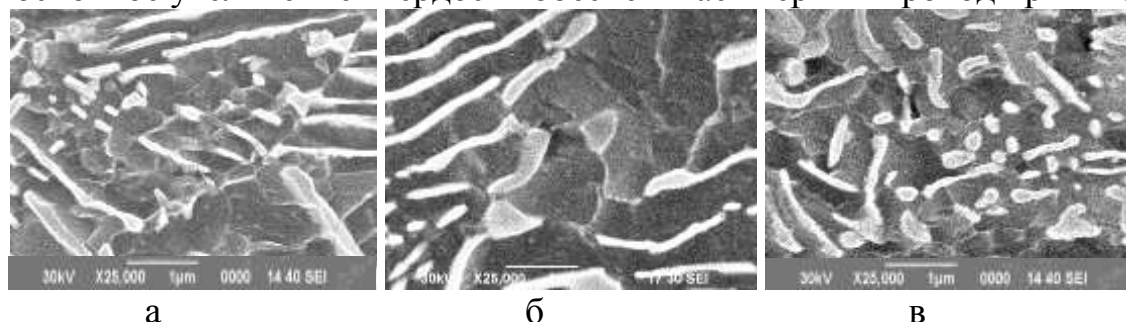


Рис. 2. Изменение размеров фрагментов феррита в стали 45 в процессе РКУП после одного (а), четырех (б), и восьми (в) проходов

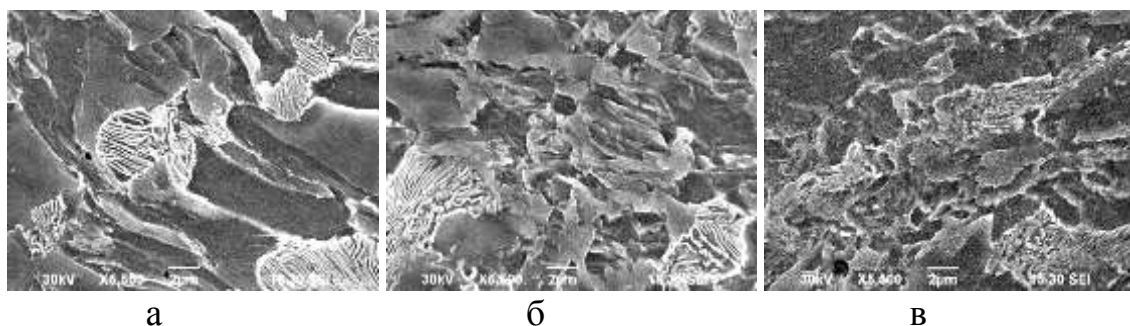


Рис. 3. Изменение размеров фрагментов феррита в стали 20 в процессе РКУП после одного (а), четырех (б), и восьми (в) проходов

Таким образом, по мере увеличения добавочной степени деформации (увеличении числа проходов) при РКУП углеродистых конструкционных сталей с содержанием углерода 0,20-0,45 с феррито-перлитной структурой наблюдается развитие процессов фрагментации феррита, сопровождающееся измельчением зерна с образованием большеугловых границ, в перлитных участках происходит уменьшение межпластиночного расстояния. На основе полученных данных можно выдвинуть гипотезу о том, что интенсивность процесса диспергирования структурных составляющих определяется, в основном, количеством, размерами и межпластиночным расстоянием перлитных колоний, что обусловлено накоплением деформаций и увеличением плотности дефектов в ферритной составляющей.

Полученные результаты могут быть использовано при разработке промышленных технологий обработки указанных сталей с использованием метода РКУП.

*Работа выполнена в рамках аналитической ведомственной целевой программы «Развитие научного потенциала высшей школы (2009-2010 годы)», проект «Создание научных основ эволюции структуры и свойств наноструктурных конструкционных сталей в процессах обработки давлением», регистрационный номер 2.1.2/2014.*